

Características de las máquinas plantadoras y transplantadoras

Principales aspectos técnicos de algunas de las máquinas de distintos fabricantes existentes en el mercado

La mecanización del proceso de plantación precisa soluciones técnicas específicas, especialmente en lo que se refiere a la manipulación del órgano vegetativo, más pesado e irregular que cualquier semilla, y a la conformación del caballón. Como oferta alternativa a las plantadoras de alimentación manual, en los últimos años han ido apareciendo en el mercado máquinas con dispositivos de alimentación totalmente automatizados.

P. Barreiro. Dr. Ingeniero agrónomo.

M. Ruiz-Altisent. Profesor titular.

Dpto. Ingeniería Rural. ETSI Agrónomos. Madrid.

Paralelamente a la aparición de plantadoras de patatas de alimentación automática, encontramos también accesibles en el mercado nacional plantadoras automáticas de ajos, chalotas y bulbos.

El empleo del transplante presenta ventajas concretas que han favorecido y siguen im-

pulsando la extensión de esta técnica. La solución seleccionada para cada desarrollo debe estar en armonía con la conformación de la planta a ser transplantada: raíz desnuda, cepellón, mini-cepellón, en bandejas o en *paper-pot* (celdas hexagonales de papel biodegradable).

Plantadoras

Existe cierto número de especies (patata, ajo, ornamentales...) en las que la implantación del cultivo se realiza a partir de órganos vegetativos (tubérculos, bulbos) y no de semillas. La plantación coincide con la siembra en la necesidad de enterrar el tubérculo, bulbo o semilla a una determinada profundidad, pero difiere de ella en el establecimiento de configuraciones específicas del terreno, esto es, caballones, típicas de la plantación.

La mecanización del proceso de plantación precisa soluciones técnicas específicas, especialmente en lo que se refiere a la manipulación del órgano vegetativo, más pesado e irregular que cualquier semilla, y a la conformación del caballón.

Las máquinas plantadoras más extendidas son las plantadoras de patatas, que pueden clasificarse de forma genérica, según la alimentación, en manuales y automáticas.

Las plantadoras de patatas de alimentación manual han sufrido escasas variaciones en la última década. Habitualmente trabajan sobre una o más líneas de plantación, distantes entre sí de 30 a 90 cm (10-62 cm dentro de la línea, 20.000-300.000 plantas/ha), con posibilidad de regulación de la distancia entre cuerpos. Los operarios, que disponen de un puesto de trabajo por cada línea de plantación montado sobre un bastidor perpendicular al avance del tractor, toman los tubérculos de la tolva abierta en su parte inferior y los depositan en un distribuidor. De los sistemas de distribución existentes, el distribuidor de plato horizontal con tubo de caída y el sistema combinado de platos horizontal + vertical son los que más se han extendido.

El empleo del distribuidor horizontal facilita la labor de alimentación, que no ha de estar sistemáticamente sincronizada con la caída del tubérculo en el fondo del caballón, absorbiendo pequeñas variaciones en el ritmo de alimentación del operario (máximo 80 tubérculos por minuto). En el caso específico del distribuidor combinado, la presencia de un plato vertical elimina elevadas alturas de caída, con la consiguiente disminución del riesgo para el desarrollo del órgano vegetativo, especialmente cuando se emplea patata pregerminada. El distribuidor exclusivamente de plato vertical

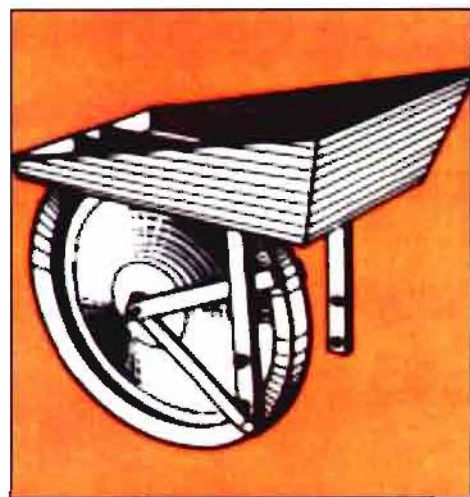
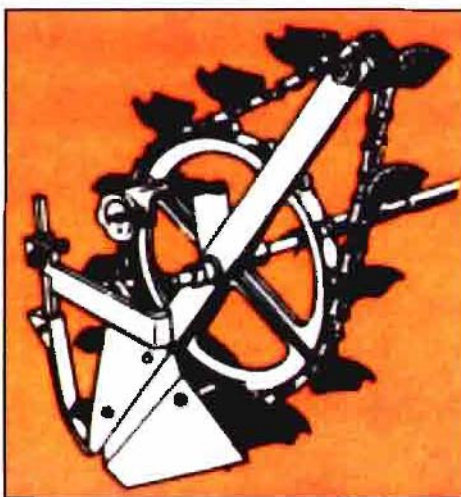


Figura 1. Distintos distribuidores en plantadoras de alimentación manual (Ribouleau -Monosem-). El distribuidor de disco vertical (derecha) es el empleado en la plantación de ajos, chalotas y bulbos.

es el más extendido para la implantación semiautomática de ajos y *chalotas*. En general, resulta factible adaptar una plantadora de patatas para la plantación de ajos y otros bulbos mediante la sustitución del plato distribuidor y los elementos alomadores. Un último tipo de distribuidores disponible en el mercado de plantadoras de alimentación manual es la cadena de cangilones, especialmente indicada para patata pregerminada por la suavidad con que el tubérculo es depositado sobre el terreno. Al igual que con distribuidor horizontal, este sistema permite trabajar con una cierta acumulación de tubérculos en la cadena, absorbiendo ligeras discontinuidades en la alimentación por parte del operario y mejorando, por tanto, su capacidad y ergonomía.

Como oferta alternativa a las plantadoras de alimentación manual, en los últimos años han ido apareciendo en el mercado **máquinas con dispositivos de alimentación totalmente automatizados**. Es en este tipo de plantadoras donde se ha producido una mayor evolución en la oferta de soluciones técnicas derivadas, fundamentalmente, del sistema de alimentación. En Estados Unidos, por ejemplo, ha sido frecuente el empleo de un plato distribuidor de púas para favorecer la perfecta alimentación, aunque su mayor inconveniente es el riesgo de infecciones en el tubérculo. Por su parte, en Europa se comenzó ofertando un sistema de doble tolva (principal y reserva para la corrección de errores de alimentación), cuyo mayor inconveniente reside en la necesidad de recargar la tolva secundaria con cierta frecuencia.

Actualmente, sin embargo, gran número de fabricantes (ver **cuadro I**) optan por un sistema de alimentación en cadena de dobles cazoletas alternas, con un cierto grado de sobrealimentación (tubérculos dobles en las cazoletas) que combinan con un agitador (*shaker*) susceptible de ser regulado para corregir el exceso de alimentación. De forma adicional, algunas casas comerciales ofertan un sistema electrónico o electromecánico capaz de alertar al conductor cuando pasan 2 ó más copas va-

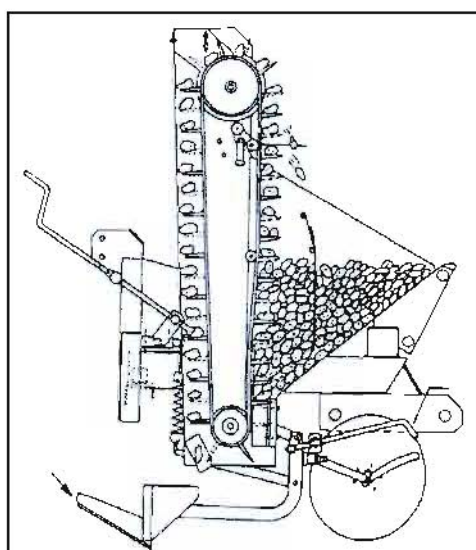


Figura 2. Esquema de una plantadora de patatas de alimentación automática con dispositivo vibrador para la eliminación de plantaciones múltiples (extraído de CIGR Handbook).

cías. En esta nueva generación de plantadoras se dispone de tolvas de hasta 2.500 kg, máquinas arrastradas con una capacidad de trabajo capaz de hasta 10 ha/día (4 líneas con marco 80 x 40 cm).

Paralelamente a la aparición de plantadoras de patatas de alimentación automática, encontramos, también accesibles en el mercado nacional, plantadoras automáticas de ajos, *chalotas* y bulbos similares a las de patatas en la utilización de una cadena elevadora de los dientes y bulbos, pero que emplea como mecanismo adicional una succión neumática del bulbo en un plato de plantación similar al de algunas sembra-

doras monograno.

Tanto en las plantadoras de alimentación manual como en las automáticas, el **accionamiento** de los distribuidores se produce a través de las ruedas de apoyo de la máquina. La existencia de una correcta transferencia de peso es fundamental para evitar problemas de deslizamiento (las ruedas recorren una longitud por vuelta superior a la teórica) que redunde en un aumento no controlado de la distancia de plantación. La regulación de la distancia de plantación se efectúa modificando la relación de transmisión entre la rueda motriz y el plato o cadena distribuidora y/o variando el número de alveolos o de cazoletas de los platos o cadenas.

Los elementos **abresurcos y alomadores** son también elementos comunes susceptibles de regulación en las máquinas plantadoras de alimentación manual y automáticas. En general, las rejas abresurcos rígidas dan pocas variaciones en plantadoras semisuspendidas, donde las ruedas siguen a las del tractor. Sin embargo, en los suelos con grandes variaciones en la textura, los abresurcos flotantes permiten una mayor uniformidad a partir de la actuación de potentes resortes; en algunos casos, los abresurcos van asimismo dotados



Figura 3. Plantadora de patatas totalmente automatizada en cuatro líneas (Kverneland). Dispone de tolva hidráulica, dispositivo adicional de fertilización y trazador de huellas.

CUADRO I. PLANTADORAS. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS OFERTADAS POR DISTINTAS CASAS COMERCIALES

Máquinas	Tipo de alimentación	Elementos del sistemas de alimentación	Cultivos y/o tipo de plántula	Casas comerciales: fabricante (distribuidor)
Plantadoras	manual	plato horizontal + tubo caída plato horizontal + vertical	patata patata y patata pregerminada	Checchi & Magli (Agrotiétar). Ribouleau (Monosem), Hijos de Ortiz de Zárate.
		cadena con cazoletas plato vertical	patata y patata pregerminada ajos, chalotas y bulbos	Ribouleau (Monosem). Ribouleau (Monosem).
	automática	cadena de dobles cazoletas + vibrador	Patata	Kverneland, Monosem, Cramer (hijos de Albano G ^o), Hijos de Ortiz de Zárate.
		cadena + succión neumática	ajos, chalotas y bulbos	Société Rock (Navarro Andueza).



Figura 4. Rejas aporcadoras (izda., Kverneland) y discos alomadores (dcha., Monosem).

de una rueda control de profundidad.

En cuanto a los elementos alomadores, cabe distinguir entre las rejas acaballadoras y los discos aporcadores. Las rejas producen caballones voluminosos y uniformes con vértices redondeados, disponiendo de protección contra piedras mediante resortes. Los discos aporcadores, en cambio, dan lugar a caballones de vértices planos y, en general, son los preferidos cuando se desea realizar un segundo aporcado durante el crecimiento del cultivo. Por otra parte, el uso de los discos aporcadores supone una menor demanda de tracción, no desdeñable, sobre todo, en plantadoras de cuatro hileras.

Otros elementos de utilización en plantadoras son los trazadores de huella (permiten mantener la regularidad de la distancia entre líneas en pasadas consecutivas) y los sistemas para la localización de abono.

Transplantadoras

En gran variedad de especies hortícolas (lechuga, apio, cebolla, brócoli, puerro...), industriales (tabaco, remolacha azucarera) y forestales, la siembra se realiza en semilleros para posteriormente trasladar la plántula a su lugar definitivo de desarrollo mediante transplante. Esta operación resulta necesariamente más costosa, tanto en términos económicos, como energéticos, que la implantación del cultivo de forma directa en el terreno definitivo. Sin embargo, se ha ido extendiendo, como consecuencia del elevado coste de las semillas híbridas y de la aparición de la micropropagación para determinadas especies (mejora genética y obtención de plantas libres de virus). El empleo del transplante presenta, asimismo, ventajas concretas que han favorecido y siguen impulsando la extensión de esta técnica:

- Reduce el efecto de las bajas temperaturas en cultivos precoces al aire libre, eludiendo eventualidades meteorológicas.
- Evita algunas prácticas culturales como son el aclareo y el aislamiento.
- Reduce la aplicación al aire libre de productos contaminantes, ya que los tratamientos fitosanitarios más importantes se realizan en ambientes cerrados.
- Consolida el vivero horto-ornamental con un nicho de mercado estable.
- Permite el transplante de plántulas en un estado fenológicamente avanzado cuando se realiza con cepellón, lo que favorece una mayor homogeneidad del cultivo, facilitando asimismo la mecanización de otras operaciones, como es la recolección.

La solución técnica seleccionada para cada desarrollo debe estar en armonía con la conformación de la planta a ser transplantada: raíz desnuda, cepellón (6 x 6 cm aprox.), mini-cepellón (3 x 3 cm aprox.), en bandejas (220-448 plantas con alvéolos de 2 x 2 cm aprox.) o en *paperpot* (celdas hexagonales de papel biodegradable). Sin embargo, en todos los casos dispondremos de un conjunto de elementos comunes: bastidor, rejas, ruedas compactadoras, sistema de alimentación y soporte/depósito de plantas, junto con otros accesorios

como riego localizado o distribuidores de cubierta plástica.

Las transplantadoras, al igual que las plantadoras, pueden clasificarse, en función de las necesidades de mano de obra en la alimentación, en manuales (2.000-3.500 plantas/hora y línea de plantación) y automáticas (6.000-10.000 plantas/hora y línea).

Los datos de capacidad de trabajo de las transplantadoras que se refieren en este artículo proceden de las casa comerciales, son valores teóricos donde no se tienen en cuenta los tiempos de accesorios de virajes, alimentación de las bandejas o posibles paradas de mantenimiento. En el **cuadro II** se resumen algunas de las características de las máquinas transplantadoras disponibles en el mercado nacional de maquinaria agrícola, así como los cultivos de aplicación.

Dentro de los sistemas de alimentación manual, el más antiguo es el de discos, ofertado en la actualidad en caucho, empleado en todos los casos con plantas a raíz desnuda; los discos disponen de una marcas con el fin de asistir al operario para conseguir homogeneidad en la distancia de transplante. Unos dispositivos alternativos de alimentación manual son los discos de pinzas con configuraciones específicas para plantas a raíz desnuda (distancias habituales de 20-50 cm o alta densidad, 6-15 cm) y mini-cepellón. En todos los casos las pinzas se cierran, manual o automáticamente, una vez que el operario ha colocado la planta. Dichas pinzas se reabren automáticamente cuando la planta ha sido depositada en el orificio abierto al efecto por las rejas en el suelo. Tanto en el sistema de discos blandos como en el de discos de pinzas se requiere una alimentación continua por parte del operario.

Otro dispositivo alimentador de tipo manual son las pinzas sobre cadena vertical, ofertadas para plantas a raíz desnuda y/o mini-ce-



Figura 5. Plantadora de ajos, chalotas y bulbos totalmente automatizada (Société Rock - Navarro Andueza)



Figura 6. Transplantadora de alimentación manual con dispositivo de vasos sobre eje vertical (Cecchi & Magli - Agrotiétar).

CUADRO II. TRANSPLANTADORAS. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNAS DE LAS MÁQUINAS OFERTADAS POR DISTINTAS CASAS COMERCIALES

Máquinas	Tipo de alimentación	Elementos del sistemas de alimentación	Cultivos y/o tipo de plántula	Casas comerciales: fabricante (distribuidor)
transplantadoras	manuales	disco blando disco de pinzas pinzas sobre cadena vertical	raíz desnuda raíz desnuda y/o mini-cepellón raíz desnuda y/o mini-cepellón	Ribouleau (Monosem). Ribouleau (Monosem). Grégoire Besson, Ribouleau (Monosem). Checchi & Magli (Agrotiétar).
		distribuidor horizontal de vasos	cepellón	
	automáticas	en cinta transportadora en bandejas de alveolos en <i>paperpot</i>	hortícolas hortícolas remolacha	Regero. Vila Grancha S.L. Circle Tekko Co.



Figura 7. Transplantadora de alimentación manual con dispositivo de pinzas sobre cadena vertical (Ribouleau - Monosem).



Figura 8. Transplantadora de alimentación automática de cinta transportadora (Regero).

pellones según los modelos y casas comerciales. Éstos disponen de un mayor recorrido que los discos de pinzas para la colocación de las plántulas, absorbiendo pequeñas alteraciones en el ritmo de alimentación por parte del operario.

Finalmente, dentro de los dispositivos alimentadores de tipo manual, encontramos los distribuidores horizontales de vasos. Estos elementos, al igual que los anteriores, tienen la ventaja de no precisar alimentación continua. Sin embargo, en los distribuidores de vasos es conveniente emplear plantas con cepellón voluminoso, de tal manera que el centro de gravedad de la plántula se encuentre lo más bajo posible y así favorecer la verticalidad de las plantas, que de otro modo no es fácilmente garantizable en su caída. En este caso, pequeñas variaciones en la estrategia de caída de la planta: caída directa en el surco o caída en fondo cerrado con expulsor, pueden determinar diferencias funcionales importantes.

En todas las máquinas transplantadoras de **alimentación manual** se precisa un puesto de operario por línea. Para entrelíneas inferiores a 35 cm, en muchos casos, se opta por un bastidor con dos travesaños, distribuyéndose los puestos de trabajo alternativamente entre ambos.

Como alternativa a las transplantadoras de alimentación manual, existe en el mercado una incipiente oferta de **transplantadoras automáticas** (7.000-10.000 plantas/hora y línea de capacidad teórica). Aunque en la mayoría de los casos éstas máquinas no permiten la sustitución total de los operarios en la plataforma de distribución, sí queda reducida a 1 operario por cada 3 ó 4 líneas de transplante. Entre los mecanismos automatizados existentes en el mercado destaca la alimentación: en cinta transportadora sobre cepellón cúbico (Regero), en bandeja para cultivos hortícolas (Vila Grancha S.L.) y en *paperpot* para remola-



Figura 9. Transplantadora de cebollas con alimentación automática sobre bandejas (Vila Grancha S.L.).

cha (Circle Tekko Co.).

Al igual que en las máquinas plantadoras, el **accionamiento** de los discos o cadenas de alimentación en el transplante se produce a través de las ruedas de apoyo de la máquina y, por tanto, la minimización del deslizamiento es imprescindible para conseguir una distancia homogénea de transplante. La regulación de la distancia entre plantas dentro de cada línea se efectúa modificando la relación de transmisión entre la rueda motriz y el disco o cadena distribuidora y/o modificando el número de pinzas.

En el mecanismo automatizado de cinta transportadora, la regulación de la distancia de transplante se consigue variando la relación entre la velocidad de avance de la cinta y el avance de la máquina.

Para completar la descripción y regulación de las máquinas transplantadoras, no hay que olvidar que la correcta **adaptación de las rejas** al terreno (adecuado control de profundidad), así como una orientación apropiada de los **discos compactadores** son imprescindibles para garantizar una correcta adaptación de las plántulas al terreno definitivo de cultivo. Asimismo, en máquinas que dispongan de un sistema de distribución de cubiertas plásticas, es imprescindible que el mecanismo de inserción de la plántula en el suelo tenga un diseño específico capaz de penetrar este tipo de materiales.

REFERENCIAS

Ortiz-Cañavate J.O.C. 1995. Las máquinas agrícolas y su aplicación. Ediciones Mundi-Prensa. pp:147-156. ISBN 84-7114-510-3.

Stout B.A. Cheze B. 1999. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Vol. III: Plant production engineering pp:235-240. Editado por CIGR (Comisión Internacional de Ingeniería Rural) y publicado por ASAE (Asociación Americana de Ingeniería Agrícola).

Catálogos de casas comerciales, véase cuadros I y II.